

Test de campo para valorar la resistencia de los músculos del tronco

Field Test to Assess the Strength of Trunk Muscles

CASTO JUAN-RECIO

DAVID BARBADO MURILLO

ALEJANDRO LÓPEZ-VALENCIANO

FRANCISCO JOSÉ VERA-GARCÍA

Centro de Investigación del Deporte
Universidad Miguel Hernández de Elche (España)

Correspondencia con autor

Francisco José Vera-García
fvera@umh.es

Resumen

El Biering-Sorensen test (BST), el Side Bridge test (SBT) y el Ito test (IT) son tres de los test de campo más utilizados para medir la resistencia de los músculos del tronco. El objetivo de este estudio fue analizar la fiabilidad absoluta y relativa de los test referidos, así como valorar el efecto de la antropometría de los participantes en el rendimiento en las pruebas. En el estudio participaron 27 jóvenes varones ($23,5 \pm 4,0$ años) y físicamente activos. Los participantes realizaron dos sesiones de registro en las que ejecutaron los tres test (recuperación de 8 min entre pruebas) y donde se midieron diversas variables antropométricas. La fiabilidad relativa fue buena, con ICC mayores de 0,80 en todos los test, pero no así la fiabilidad absoluta, con SEM que oscilaron entre el 13,36 % en el BST y el 19,89 % en el IT. El IT mostró una correlación negativa con la masa ($r = -.475$; $p = .014$) y el diámetro bileocrestal ($r = -.404$; $p = .040$) y el SBT una correlación negativa con la masa ($r = -.610$; $p = .001$), el diámetro bileocrestal ($r = -.546$; $p = .004$), el diámetro biacromial ($r = -.456$; $p = .019$) y el índice acromioliaco ($r = -.413$; $p = .036$). Los datos de fiabilidad absoluta cuestionan la utilidad de estas pruebas en programas de entrenamiento donde los participantes tienen poco margen de mejora. Además, si se realizan comparaciones entre sujetos es importante tener en cuenta sus diferencias antropométricas, ya que durante la ejecución de los test el cuerpo se utiliza como instrumento de medida.

Palabras clave: valoración, tronco, condición muscular, antropometría, reproducibilidad

Abstract

Field Test to Assess the Strength of Trunk Muscles

The Biering-Sorensen Test (BST), the Side Bridge Test (SBT) and the Ito Test (IT) are three of the most widely used field tests to measure the strength of the trunk muscles. The aim of this study was to analyse the absolute and relative reliability of these tests and evaluate the effect of the anthropometry of the participants on test performance. The study involved 27 young (23.5 ± 4.0 years) and physically active men. Participants performed two recording sessions in which they did the three tests (8 min. recovery between tests) and where various anthropometric variables were measured. Relative reliability was good, with ICCs greater than 0.80 in all the tests, but absolute reliability was not with SEMs ranging from 13.36% in the BST to 19.89% in the IT. The IT showed a negative correlation with mass ($r = -.475$; $p = .014$) and bi-iliac diameter ($r = -.404$; $p = .040$) and the BST showed a negative correlation with mass ($r = -.610$; $p = .001$), bi-iliac diameter ($r = -.546$; $p = .004$), biacromial diameter ($r = -.456$; $p = .019$) and the acromial-iliac index ($r = -.413$; $p = .036$). The absolute reliability data call into question the utility of these tests in training programmes where participants have little margin for improvement. In addition, if comparisons are made between subjects it is important to bear anthropometric differences in mind, as the body is used as a measuring instrument during the performance of the test.

Keywords: assessment, trunk, muscle condition, anthropometry, reproducibility

Introducción

Los programas de ejercicios diseñados para el acondicionamiento de la musculatura del tronco son elementos habituales de los planes de entrenamiento de los deportistas profesionales y *amateurs*. El objetivo de estos programas puede ser diverso, pero generalmente se realizan para prevenir o tratar diferentes lesiones y/o para mejorar el rendimiento deportivo (Borghuis, Hof, & Lemmink, 2008; Kibler, Press, & Sciascia, 2006; Reed, Ford, Myer, & Hewet, 2012; Vera-García, Flores-Parodi, & Llana Belloch, 2008; Weston, Coleman, & Spears, 2013).

La resistencia muscular es una de las cualidades de la musculatura del tronco que ha despertado mayor interés por parte de los entrenadores, preparadores físicos y terapeutas, ya que ha sido relacionada con la salud de la columna lumbar (Biering-Sorensen, 1984; Lindsay & Horton, 2006; Luoto, Heliövaara, Hurri, & Alaranta, 1995; McGill, Childs, & Liebenson, 1999). Además, la resistencia de los músculos del tronco puede tener un papel destacado en el rendimiento de algunos deportes, ya que la fatiga de esta musculatura tiene un efecto negativo sobre la coordinación muscular, el control postural y la estabilidad del raquis (Granata & Gottipati, 2008; Mawston, McNair, & Boocock, 2007; Sparito, Parnianpour, Reinsel, & Simon, 1997; Van Dieën, 1996; Van Dieën, Luger, & Van der Eb, 2012).

Entre los diferentes protocolos utilizados para valorar la resistencia de los músculos del tronco destacan especialmente los test de campo, ya que a diferencia de las pruebas que utilizan dinamómetros isocinéticos, su aplicación es sencilla y no requieren de material costoso o de un tratamiento de datos sofisticado. Dentro de los test de campo más utilizados para la evaluación de la resistencia de la musculatura del tronco podemos encontrar test dinámicos de resistencia abdominal (Brotons-Gil, García-Vaquero, Peco-González, & Vera-García, 2013; Faulkner, Sprigings, McQuarrie, & Bell, 1989; Knudson & Johnston, 1995) y test estáticos de resistencia de los músculos flexores, extensores e inclinadores del tronco (Biering-Sorensen, 1984; Ito et al., 1996; McGill et al., 1999; Schellenberg, Lang, Ming Chan, & Burnham, 2007). La mayoría de los test dinámicos de resistencia abdominal se utilizan en la educación física, el *fitness* y el deporte y consisten en la realización del máximo número posible de flexiones de la parte superior del tronco en un tiempo determinado (60-120 s) (Brotons et al., 2013; Knudson & Johnston, 1995) o en la realización de flexiones de la parte superior del tronco

manteniendo una cadencia determinada durante el mayor tiempo posible (Faulkner et al., 1989). Por otro lado, los test estáticos han sido desarrollados especialmente en el ámbito clínico, aunque son utilizados también en gimnasios e instalaciones deportivas, y consisten en el mantenimiento de una determinada postura contra gravedad el mayor tiempo posible (Biering-Sorensen, 1984; Ito et al., 1996; McGill et al., 1999; Schellenberg et al., 2007).

Una de las cualidades más importantes que debe tener todo protocolo e instrumento de medida es la fiabilidad. En ocasiones, la fiabilidad de los test de campo puede estar comprometida por la dificultad para estandarizar protocolos sencillos que no precisen de materiales costosos o de un gran número de personas para hacer la medición. Es por ello que estos protocolos deben ser sometidos a análisis exhaustivos para determinar si presentan niveles adecuados de fiabilidad relativa y absoluta (Hopkins, 2000; Weir, 2005). La mayoría de los estudios previos sobre test de campo de resistencia muscular del tronco han analizado la fiabilidad relativa de las pruebas a través del coeficiente de correlación intraclase (ICC) (Brotons et al., 2013; Chan, 2005; Demoulin, Vanderthommen, Duysens, & Crielaard, 2006; Evans, Refshauge, & Adams, 2007; McGill et al., 1999; Udermann, Mayert, Gravest, & Murray, 2003). En general, la mayoría de los test analizados presentan una buena fiabilidad relativa, con valores por encima de 0,75. Por otro lado, son escasos los estudios que han analizado la fiabilidad absoluta de este tipo de pruebas a través del error estándar de medida (SEM). Únicamente tenemos constancia de los trabajos de Brotons et al. (2013), Evans et al. (2007) y Moreland, Finch, Stratford, Balfour, & Gill (1997), los cuales encontraron SEM con valores que oscilaron entre el 4,25 % y el 114,28 % para el *test flexion-rotation trunk* (Brotons et al., 2013) y el *test abdominal dynamic endurance* (Moreland et al., 1997), respectivamente. Como consecuencia de la falta de estudios sobre fiabilidad absoluta, desconocemos si las mejoras que se pueden producir en estas pruebas tras un periodo de entrenamiento se deben a la intervención o a otros factores, como por ejemplo, el aprendizaje de los test o un error en la medida.

Una de las características principales de los test de campo utilizados para valorar la resistencia de los músculos del tronco es que utilizan el propio cuerpo como instrumento para realizar la medida, por lo que las características del mismo pueden tener una influencia importante en los resultados de los test. Algunos estudios

han encontrado correlaciones significativas entre la masa del cuerpo de los sujetos y los resultados de algunos test isométricos, como el test Biering-Sorensen (Latikka, Battié, Videman, & Gibbons, 1995; Mbada, Ayanniyi, Adedoyin, & Johnson, 2010; Nuzzo & Mayer, 2013) o el test Plank (Nuzzo & Mayer, 2013). Además, los datos obtenidos por Nuzzo y Mayer (2013) parecen indicar que el rendimiento en estas pruebas no sólo está afectado por la masa total del cuerpo de los participantes, sino principalmente por la masa de las estructuras no apoyadas en la camilla o en el suelo durante la ejecución de las pruebas. Es necesario realizar estudios que nos permitan conocer la influencia de la antropometría de los sujetos en el rendimiento de los test de campo de resistencia muscular del tronco. Esto nos permitirá comparar adecuadamente los resultados de deportistas con diferentes características antropométricas, o incluso, los resultados de un deportista que ha sufrido cambios morfológicos importantes durante un estudio longitudinal.

Como se desprende de lo expuesto en los párrafos anteriores, a pesar del interés de muchos profesionales de la actividad física, el deporte y la salud por utilizar test de campo para valorar la resistencia de los músculos del tronco, carecemos de información suficiente sobre la fiabilidad absoluta, el efecto de aprendizaje y el efecto de la antropometría en estas pruebas. Por ello desarrollamos un estudio cuyo objetivo fue analizar la fiabilidad absoluta y relativa de tres de los test de campo más utilizados actualmente para valorar la resistencia isométrica de la musculatura del tronco (BST, SBT e Ito), así como las posibles relaciones entre los resultados de cada uno de los test y diversas variables antropométricas. Esta información nos permitirá conocer mejor las características de los test referidos, y de este modo podremos realizar una interpretación y un uso más adecuado de sus resultados.

Método

Participantes

Un total de 27 jóvenes varones ($23,52 \pm 3,99$ años, $75,66 \pm 10,28$ kg, $177,44 \pm 7,18$ cm) y físicamente activos (1-3 h de actividad física moderada, 3-4 veces a la semana) participaron voluntariamente en el estudio. Los participantes rellenaron un cuestionario sobre sus antecedentes médicos y deportivos para evaluar el es-

tado de salud y la práctica habitual de actividad física. Fueron excluidos del estudio las personas con problemas médicos conocidos, episodios de dolor de espalda en los seis meses previos a la investigación o que en el momento del estudio participaran en programas de acondicionamiento de los músculos del tronco. Los participantes fueron advertidos de que no debían modificar su nivel de actividad física durante el tiempo que durase el estudio (especialmente en relación con los ejercicios de acondicionamiento de la musculatura del tronco), ni realizar actividad física vigorosa en las 24 horas previas a la realización de los test. Antes de iniciar la investigación, los participantes fueron informados de los riesgos del estudio y firmaron un consentimiento informado aprobado por el comité ético de la universidad.

Descripción de los test de resistencia de la musculatura del tronco

Test Biering-Sorensen (BST) (Biering-Sorensen, 1984)

Para la evaluación de la resistencia de los músculos extensores del tronco, los participantes se colocaron en decúbito prono con la parte inferior del cuerpo apoyada en una camilla y la parte superior suspendida horizontalmente, con los brazos cruzados y las manos en contacto con los hombros (*fig. 1*). Se hizo coincidir el borde de la camilla con las espinas iliacas antero-superiores y se fijaron las piernas a la camilla mediante unas cintas de Velcro® inextensibles situadas a la altura de los tobillos, rodillas y caderas. La prueba consistió en mantener el tronco en la posición horizontal el mayor tiempo posible.

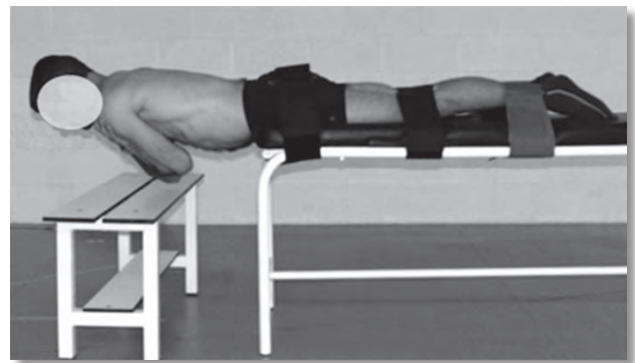


Figura 1. Participante ejecutando el Biering-Sorensen test. Antes y después del test, los participantes apoyaban la parte superior del cuerpo sobre un banco para evitar la fatiga muscular

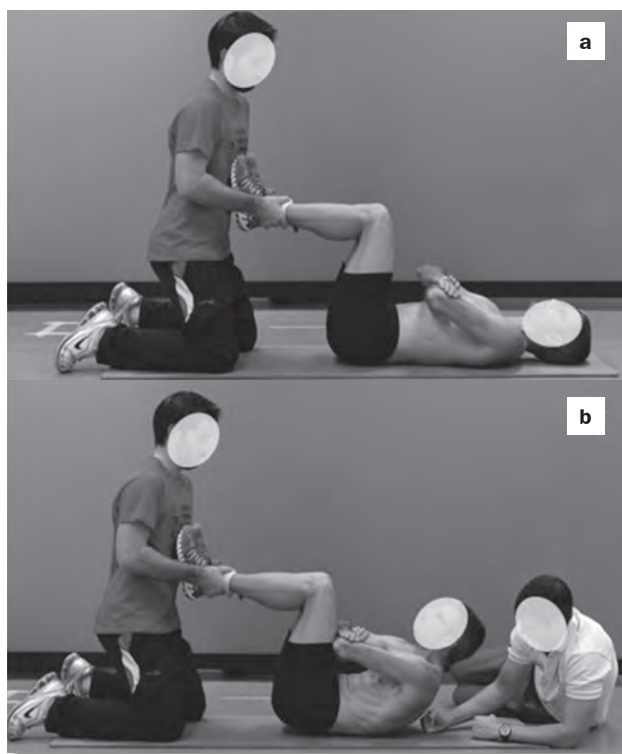


Figura 2. Participante ejecutando el test Ito: a) posición inicial; b) posición de encorvamiento del tronco



Figura 3. Participante ejecutando el SBT

Test Ito (IT) (Ito et al., 1996)

Para la evaluación de la resistencia los músculos flexores del tronco, los participantes se colocaron en decúbito supino con las caderas y rodillas flexionadas a 90° (fig. 2). Los brazos se colocaron entrelazados, con un ángulo de flexión de codo de aproximadamente 90°, de forma que cada mano agarraba la parte inferior del brazo contrario. A partir de esta posición, los participantes flexionaban la parte superior del tronco hasta to-

car los muslos con los codos, manteniendo la columna cervical en posición neutra. Para normalizar el rango de movimiento a las características individuales de los participantes se realizó una modificación del test original (Ito, 1996), que consistió en limitar la subida del tronco hasta la posición de su máxima flexión donde no existía flexión de cadera (posición conocida como *crunch* o *curl-up*). Para ello, antes de iniciar la prueba los participantes realizaron una flexión del tronco sin despegar la zona lumbar del suelo, al mismo tiempo que desplazaron sus codos y hombros hacia delante lo máximo posible. En esa posición, uno de los evaluadores acercó las piernas del participante hacia sus codos, hasta que ambas estructuras entraron en contacto (Juan-Recio, Lopez-Vivancos, Moya, Sarabia, & Vera-García, en prensa). El evaluador fijó las piernas en dicha posición mientras el participante volvió a la posición inicial antes de comenzar el test (fig. 2a). Tras 1 min de recuperación, el sujeto flexionó el tronco para tocar los muslos con los codos (fig. 2b) y comenzó la prueba. El test consistió en mantener la posición de flexión del tronco el mayor tiempo posible. Con el objeto de controlar la correcta posición del participante, otro evaluador colocó su puño cerrado entre la espalda del participante y el suelo.

Test Side-Bridge (SBT) (McGill et al., 1999)

Para la evaluación de la resistencia los músculos inclinadores o flexores laterales del tronco, los participantes se colocaron en decúbito lateral sobre su lado dominante en una colchoneta (fig. 3). El pie de la pierna del lado no dominante se colocó por delante del pie de la pierna del lado dominante, ambos en contacto y apoyados en la colchoneta, y la mano del brazo no dominante se colocó sobre el hombro del lado contrario. En dicha posición, los participantes se apoyaron con el codo y el antebrazo de su lado dominante (codo en flexión de 90° y brazo perpendicular al suelo) y elevaron la pelvis hasta situar el tronco alineado con las extremidades inferiores (fig. 3). La prueba consistió en mantener la posición referida el mayor tiempo posible.

Valoración antropométrica

Antes de cada sesión de registro, se realizaron varias medidas antropométricas a los participantes para analizar su posible influencia en los resultados de cada uno de los test: i) masa; ii) altura; iii) altura sentado, definida como la distancia entre el vértex y la superficie del asiento donde se sienta el sujeto; iv) diámetro

bileocrestal (anchura de la parte inferior del tronco), definido como la distancia entre la espina iliaca antero-superior derecha e izquierda; v) diámetro biacromial (anchura de la parte superior del tronco), definido como la distancia entre los puntos acromiales derecho e izquierdo; vi) índice acromioiliaco, es decir, la ratio entre los diámetros bileocrestal y biacromial, y vii) envergadura, definida como la distancia máxima entre el extremo del tercer dedo de la mano derecha e izquierda. Para la medición de estas variables se utilizaron los protocolos descritos por Cabañas y Esparza (2009).

Procedimiento

Siguiendo un calendario de registro, cada uno de los participantes ejecutaron el IT, el BST y el SBT para medir la resistencia de los flexores, extensores e inclinadores del tronco, respectivamente. Todos los test se realizaron en una misma sesión, de forma contrabalanceada y con una recuperación de 8 minutos entre ellos. Los participantes recibieron retroacción verbal (*feedback*) verbal cada vez que perdían la posición requerida en los test y fueron animados a mantener las posturas el mayor tiempo posible cuando se percibió en ellos signos de fatiga. Los test finalizaban cuando los participantes no podían mantener la posición requerida, registrándose la duración de las pruebas (cronómetro digital CASIO HS-30W-N1V) como resultado de los test. Para analizar la fiabilidad test-retest de cada una de las pruebas se realizó una segunda sesión de registro siete días después de la primera. Los participantes no realizaron ninguna sesión de familiarización previa a las sesiones de registro, lo que permitió evaluar el efecto de aprendizaje de los test.

Análisis estadístico

La prueba de Kolmogorov-Smirnov constató la distribución normal de todas las series de datos ($p > ,05$). Posteriormente, se calcularon los estadísticos descriptivos (media y desviación estándar) para cada una de las variables: duración del IT (resistencia de los flexores del tronco), duración del BST (resistencia de los extensores del tronco), duración del SBT (resistencia de los inclinadores del tronco), masa, altura, altura sentado, diámetro bileocrestal, diámetro biacromial, índice acromioiliaco y envergadura.

Un análisis de la varianza de medidas repetidas en el último factor (RMANOVA) de 3 (IT, BST, SBT) x 2 (sesión 1, sesión 2) y un RMANOVA de 7 (masa, altura,

altura sentado, diámetro bileocrestal, diámetro biacromial, índice acromioiliaco, envergadura) x 2 (sesión 1, sesión 2) fueron utilizados con el objeto de comparar los resultados obtenidos en cada una de las sesiones e identificar los cambios en las medias y la desviación estándar de la diferencia entre pares de ensayos consecutivos (análisis de comparaciones múltiples de Bonferroni).

La fiabilidad absoluta inter-sesión de cada uno de los test de resistencia y de las variables antropométricas fue analizada mediante el porcentaje del error típico (% variación intrasujeto) y el mínimo cambio detectable, calculado como 1,5 veces el error típico (Hopkins, 2000). El porcentaje del error típico fue establecido usando los datos transformados logarítmicamente mediante la siguiente fórmula: $100(e^s - 1)$, donde s es el error típico (desviación estándar de la diferencia entre la sesión 1 y la sesión 2 dividido entre $\sqrt{2}$). Asimismo, la fiabilidad relativa de las diferentes medidas fue analizada mediante el coeficiente de correlación intraclase ($ICC_{2,1}$), calculando sus límites de confianza al 90 % (90 % LC). Partiendo del método previamente descrito por Hopkins (2000, 2009), el ICC fue calculado a partir del análisis de la varianza: $(F - 1)/(F + k - 1)$, donde F es la F -ratio del sujeto y K ($=2$) es el número de ensayos (Hopkins, 2000, 2009).

Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para evaluar la relación entre las variables antropométricas y los resultados obtenidos en cada uno de los test de resistencia en la segunda sesión de registro.

La hipótesis nula fue rechazada al nivel de significación del 95 % ($p \leq ,05$). El análisis estadístico se realizó con el programa PASW statistics (versión 18.0 para Windows 7; SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Resultados

La *tabla 1* muestra los estadísticos descriptivos y los valores de fiabilidad absoluta y relativa para cada uno de los test de resistencia. El porcentaje del error típico osciló entre el 13,36 % del BST y el 19,89 % del IT, mientras que el mínimo cambio detectable lo hizo entre el 20,1 % del BST y el 29,8 % del IT. El ICC fue mayor de 0,80 en todos los test.

El RMANOVA mostró un efecto significativo en el factor intrasujeto sesión ($p = ,024$; $F = 3,78$). A diferencia con el IT y el SBT, el análisis de las comparaciones por pares mostró un incremento significativo en los resultados del BST con la repetición de la prueba ($p = ,002$; $F = 11,44$).

Test	Sesión 1 (media \pm SD)	Sesión 2 (media \pm SD)	Error típico (%) (media - 90 % LC)	Mínimo cambio detectable (%)	Cambio en la media (%) (media - 90 % LC)	ICC _(2,1) (media - 90 % LC)
IT (s)	90,85 \pm 33,93	90,63 \pm 43,57	19,89 (15,99-26,60)	29,8	-2,54 (-10,41-6,02)	0,80 (0,65-0,89)
BST (s)	143,41 \pm 42,53	161,93 \pm 52,24	13,36 (10,80-17,71)	20,1	12,44 (6,08-19,18)*	0,84 (0,72-0,91)
SBT (s)	122,48 \pm 43,88	127,44 \pm 44,06	16,15 (13,02-21,49)	24,15	5,23 (-1,83-12,81)	0,85 (0,72-0,92)

s: segundos; SD: desviación estándar; LC: límites de confianza; ICC: índice de correlación intraclase; * Significación: $p \leq ,05$.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos y fiabilidad absoluta y relativa del Ito test (IT), Biering-Sorensen test (BST) y Side Bridge test (SBT)

Variables	Sesión 1 (media \pm SD)	Sesión 2 (media \pm SD)	Error típico (%) (media - 90 % LC)	Cambio en la media (%) (media - 90 % LC)	ICC _(2,1) (media - 90 % LC)
Masa (kg)	75,84 \pm 10,22	75,52 \pm 10,53	0,57 (0,45 - 0,79)	-0,74 (-1,06 - 0,43)*	1,00 (1,00 - 1,00)
Altura (cm)	177,45 \pm 7,14	177,49 \pm 7,52	0,2 (0,21 - 0,37)	-0,05 (-0,21 - 0,10)	1,00 (0,99 - 1,00)
Altura sentado (cm)	146,59 \pm 3,38	146,70 \pm 3,27	0,60 (0,48 - 0,84)	0,18 (-0,16 - 0,52)	0,93 (0,86 - 0,97)
Diámetro bileocrestal (cm)	28,94 \pm 2,15	28,48 \pm 2,41	1,98 (1,56 - 2,75)	-0,82 (-1,90 - 0,28)	0,94 (0,87 - 0,97)
Diámetro biacromial (cm)	41,94 \pm 1,40	41,79 \pm 1,68	2,07 (1,63 - 2,88)	-0,38 (-1,52 - 0,77)	0,70 (0,42 - 0,86)
Índice acromioiliaco	67,89 \pm 4,78	68,62 \pm 4,44	2,30 (1,81 - 3,20)	0,80 (-0,48 - 2,10)	0,89 (0,77 - 0,95)
Envergadura (cm)	179,93 \pm 9,05	178,47 \pm 8,72	0,71 (0,56 - 1,00)	-0,3 (-0,78 - 0,04)	0,98 (0,96 - 0,99)

kg: kilogramos; cm: centímetros; SD: desviación estándar; LC: límites de confianza; ICC: índice de correlación intraclase; * Significación: $p \leq ,05$.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos y fiabilidad absoluta y relativa de las variables antropométricas

Test	IT	BST	SBT	Masa	Altura	Altura sentado	Diámetro bileocrestal	Diámetro biacromial	Índice acromioiliaco	Envergadura
IT (S2)	-	,110	,432*	-,475*	-,034	,014	-,404*	-,242	-,358	-,113
BST (S2)	-	-	,450*	-,339	-,120	-,250	-,358	-,226	-,308	,061
SBT (S2)	-	-	-	-,610*	-,159	-,126	-,546**	-,456*	-,413*	-,049

* Significación: $p \leq ,05$; ** Significación: $p \leq ,001$.

Tabla 3. Correlaciones entre las variables antropométricas, el Ito test (IT), el Biering-Sorensen test (BST) y el Side Bridge test (SBT)

La *tabla 2* muestra los estadísticos descriptivos y de fiabilidad absoluta y relativa para cada una de las variables antropométricas entre ambas sesiones. Todas las variables antropométricas mostraron buenos valores de fiabilidad absoluta y relativa, con porcentajes de error típico por debajo del 2,30 % e ICC por encima de 0,70. Por otro lado, el análisis de las comparaciones por pares mostró un ligero descenso en la masa de los participantes ($p = ,015$; $F = 6,92$).

Por su parte, la *tabla 3* muestra las correlaciones entre las variables antropométricas y los resultados de los test de resistencia. El IT mostró una correlación negativa con la masa ($r = -,475$; $p = ,014$) y el diámetro bileocrestal ($r = -,404$; $p = ,040$) y el SBT una correlación negativa con la masa ($r = -,610$; $p = ,001$), el diámetro bileocrestal ($r = -,546$; $p = ,004$), el diámetro biacromial ($r = -,456$; $p = ,019$) y el índice acromioiliaco ($r = -,413$; $p = ,036$). El BST no correlacionó

significativamente con ninguna variable antropométrica, aunque mostró una correlación negativa casi significativa con la masa ($r = -,339$; $p = ,090$). Por otro lado, al analizar las correlaciones entre los resultados de los test de resistencia, se encontraron correlaciones positivas entre el SBT y el IT ($r = -,432$; $p = ,024$) y entre el SBT y el BST ($r = -,450$; $p = ,018$).

Discusión

Los test de campo de resistencia de los músculos del tronco son herramientas muy útiles, ya que su aplicación resulta relativamente sencilla y no requieren de material costoso. Estos test utilizan el propio cuerpo como principal instrumento de medida, por lo que el rendimiento en los mismos puede estar influenciado por las características antropométricas de los participantes. El presente estudio examinó la fiabilidad test-retest de tres de los test de campo más utilizados para evaluar la resistencia estática de los flexores, extensores e inclinadores del tronco (IT, BST y SBT), así como las posibles relaciones entre los resultados de cada uno de los test y algunas variables antropométricas que podrían influir en el rendimiento en estas pruebas. Los datos obtenidos en el estudio mostraron que el IT, el BST y el SBT tienen una buena fiabilidad relativa, sin embargo su fiabilidad absoluta es cuestionable, sobre todo si los test se pretenden utilizar en el deporte de élite, donde los márgenes de mejora son reducidos. El porcentaje de cambio test-retest en la media osciló entre el $-2,54\%$ y el $12,44\%$, resultando significativo para el BST, lo que indica la existencia de un efecto de aprendizaje en esta prueba. Asimismo, el rendimiento de los participantes en los test parece estar relacionado con variables antropométricas, como por ejemplo, la masa del cuerpo, el diámetro bileocrestal, el diámetro biacromial y el índice acromioliaco.

En relación con el análisis de fiabilidad, algunos autores han sugerido que un error típico menor del 10% y un ICC mayor de $0,80$ representan niveles de fiabilidad absoluta y relativa aceptables (Atkinson & Nevill, 1998; Schabert, Hopkins, & Hawley, 1998; Vincent, 1994). En nuestro estudio, la tabla 1 muestra buenos valores de fiabilidad relativa con ICC por encima del $0,80$ en todos los test. Estos datos apoyan los obtenidos previamente por otros autores, los cuales obtuvieron ICC de $0,95$ para el IT (Ito et al., 1996) y mayores de $0,75$ para el BST (Chan, 2005; Demoulin et al., 2006; Evans et al., 2007; McGill et al., 1999; Udermann et al., 2003) y el SBT (Chan, 2005; Evans et al., 2007; McGill et al.,

1999). Sin embargo, no es adecuado establecer comparaciones directas entre los estudios, teniendo en cuenta que el ICC es sensible a la heterogeneidad de la muestra (Hopkins, 2000; Weir, 2005).

En cuanto a la fiabilidad absoluta, los porcentajes del error típico oscilaron entre el $13,4\%$ (BST) y el $19,9\%$ (IT) después de dos sesiones de registro, lo que indica que su fiabilidad absoluta no es buena, ya que los porcentajes del error típico fueron superiores al 10% en todos los test (Atkinson & Nevill, 1998; Schabert, Hopkins, & Hawley, 1998; Vincent, 1994). Valores similares a los obtenidos en el presente estudio fueron encontrados por Evans et al. (2007) en el SBT y por Moreland et al. (1997) en el BST. Según el mínimo cambio detectable (tabla 1), serían necesarios cambios relativamente grandes en los resultados obtenidos en los test (IT $> 29,85\%$, BST $> 20,1\%$ y SBT $> 24,15\%$) para asegurar con certeza que en un estudio experimental se ha producido un cambio real tras la intervención. De lo contrario, sería probable que los cambios observados en los test se debieran en parte a errores en las medidas.

Aunque es indudable que los datos sobre el error típico y el mínimo cambio detectable cuestionan la fiabilidad absoluta de los test analizados, ésta podría ser aceptable en determinados contextos en función del nivel de condición física de los deportistas. Así, por ejemplo, el nivel de fiabilidad absoluta del IT, BST y SBT podría ser suficiente para medir las mejoras en la resistencia de los músculos del tronco en programas de entrenamiento desarrollados en el ámbito de la salud, el *fitness* y la educación física, donde los participantes suelen tener una reserva potencial de adaptación elevada (Brotons-Gil et al., 2013). Por el contrario, el nivel de fiabilidad absoluta del IT, BST y SBT no parece adecuado para el uso de estas pruebas en el alto rendimiento, ya que el porcentaje de mejora de un deportista disminuye conforme aumenta su nivel de condición física (Kraemer & Ratamess, 2004). En este caso, sería necesario un instrumental más fiable y preciso para medir la resistencia de los músculos del tronco, como el que se utiliza en las pruebas de laboratorio (Mayer, Gatchel, Betancur, & Bovasso, 1995).

Para finalizar con el análisis de la fiabilidad de los test de campo es necesario considerar también el efecto de su repetición sobre los resultados de los participantes, conocido generalmente como el efecto de aprendizaje del test (Brotons-Gil et al., 2013). Como se observa en la tabla 1, se produjo un efecto de aprendizaje en el BST, ya que la media de los resultados obtenidos

en el BST aumentó significativamente (12,4 %) entre la primera y la segunda sesión de registro. A pesar de que el ámbito práctico suele realizarse un test-retest o incluso una única medición, los resultados muestran que dos repeticiones del BST no son suficientes para conseguir resultados estables que permitan tomar decisiones ajustadas a la verdadera condición inicial de los participantes. Por lo tanto, es recomendable realizar una o varias sesiones de familiarización previa, para que antes de realizar las medidas reales, los participantes experimenten pequeñas modificaciones posturales que pueden mejorar el rendimiento en la prueba o para que aprendan a tolerar mejor las sensaciones de fatiga que aparecen durante su desarrollo.

Por lo que respecta a la relación entre las características antropométricas de los participantes y los resultados obtenidos en los diferentes test (*tabla 3*), los datos obtenidos en el presente estudio mostraron una correlación negativa significativa entre la masa del sujeto y los resultados del IT ($r = -.475$; $p = .014$) y el SBT ($r = -.610$; $p = .001$) y casi significativa con el BST ($r = -.339$; $p = .090$). Aunque son pocos los estudios que han analizado las correlaciones entre las características antropométricas de los participantes y el rendimiento en los test referidos, trabajos previos han encontrado correlaciones significativas entre la masa del cuerpo y el rendimiento en el BST, con valores que oscilaron entre $-0,29$ y $-0,39$ (Latikka et al., 1995; Mbada et al., 2010; Nuzzo & Mayer, 2013). También se han encontrado correlaciones significativas entre la masa y los resultados del test Plank (Nuzzo & Mayer, 2013), prueba similar a las realizadas en nuestro estudio y que consiste básicamente en mantener una posición de puente o plancha frontal hasta el agotamiento. Teniendo en cuenta, tanto nuestros resultados como los de estudios previos, la masa de los participantes parece una variable importante en el rendimiento en este tipo de test, donde los participantes deben mantener una determinada posición contra la gravedad.

Si analizamos el resto de correlaciones presentadas en la *tabla 3*, es importante destacar que además de la masa, existen otras variables antropométricas que no han sido analizadas previamente en la bibliografía y que pueden influir en los resultados obtenidos en los test de campo. En este sentido, destacan las correlaciones negativas significativas entre el rendimiento en el SBT y el diámetro bileocrestal ($r = -.546$; $p = .004$), el diámetro biacromial ($r = -.456$; $p = .019$) y el índice acromioliaco ($r = -.413$; $p = .036$), variables antropométricas

que representan la anchura de la pelvis, la anchura de la parte superior del tronco y la forma del tronco, respectivamente. Durante la ejecución del SBT, la pelvis se encuentra aproximadamente en la parte central de la masa a mantener elevada contra gravedad, por lo que un mayor diámetro bileocrestal, es decir, una mayor masa localizada en la pelvis, podría dificultar la ejecución del test e influir negativamente en los resultados obtenidos en el mismo. Por otra parte, durante el SBT el peso de la parte superior del tronco es soportado principalmente por el hombro, el codo y el antebrazo del lado apoyado en la esterilla, de forma que a mayor diámetro biacromial, es decir, a mayor masa localizada en los hombros, mayores serán las fuerzas necesarias para estabilizar estas estructuras, y por tanto, más dificultad a la hora de mantener la postura. Asimismo, un tronco con forma trapezoidal, es decir, aquel que presenta un índice acromioliaco por debajo de 69,9 (Cabañas y Esparza, 2009), como es el caso de la media de los participantes en nuestro estudio (*tabla 2*), también representa una mayor acumulación de masa en la parte superior del tronco, y como hemos comentado anteriormente, una posible desventaja para la ejecución del test. Según se desprende de nuestros resultados, no solo es importante tener en cuenta la masa total de los participantes, sino también como se distribuye esta en diferentes partes del cuerpo. Estudios futuros deben profundizar en este tipo de correlaciones para entender mejor qué variables antropométricas tienen mayor influencia en el rendimiento de los participantes en los test de campo.

Por último, debemos destacar las correlaciones positivas significativas entre los resultados del SBT y el IT ($r = .432$, $p = .024$) y entre los resultados del SBT y el BST ($r = .450$, $p = .018$). Posiblemente, estas correlaciones se deben a que parte de los músculos encargados de mantener la posición de puente lateral durante el SBT (musculatura del lado del brazo de apoyo, como cuadrado lumbar, erector espinal, gran dorsal, transversos y oblicuos del abdomen, musculatura glútea, etc.; ver por ejemplo: García-Vaquero, Moreside, Brotons-Gil, Peco-Gonzalez, & Vera-García, 2012; Imai et al., 2010; Kavcic et al., 2004; McGill & Karpowicz, 2009), también participan tanto en el mantenimiento de la postura de encorvamiento del tronco en el IT (músculos flexores del tronco, principalmente el recto y los oblicuos del abdomen; ver por ejemplo: Axler y McGill, 1997; Kavcic, Grenier, & McGill, 2004; Vera-García, Grenier, & McGill, 2000), como en el mantenimiento de la postura en el BST (músculos extensores del tronco y la cadera,

como multifido, erector espinal, gran dorsal, musculatura glútea, isquiotibiales, etc.; ver por ejemplo: Coorevits, Danneels, Cambier, Ramon, & Vanderstraeten, 2008; Vera-Garcia, Moreside, & McGill, 2010).

Los resultados de este estudio deben analizarse con cautela teniendo en cuenta el tamaño relativamente pequeño de la muestra. No obstante, según Springate (2012) una muestra de 25-30 participantes podría ser suficiente para la realización de estudios de fiabilidad de las medidas.

Conclusiones

El presente estudio aporta información importante para los deportistas, entrenadores y profesionales de la educación física sobre las características del IT, BST y SBT, especialmente consideraciones a tener en cuenta para utilizar estas pruebas de forma adecuada. Los datos de este estudio muestran que los tres test tienen una buena fiabilidad relativa; sin embargo, su fiabilidad absoluta es limitada, lo que desaconseja su utilización en el rendimiento deportivo. En relación con las características antropométricas de los participantes, variables como la masa, el diámetro bileocrestal, el diámetro biacromial y el índice acromioliaco, deben ser tenidas en cuenta a la hora de interpretar los resultados de los test. Futuras investigaciones deben analizar los resultados en una muestra más amplia y heterogénea, que también incluyera mujeres. Dichos resultados facilitarían el desarrollo de algoritmos que tuvieran en cuenta las diferencias antropométricas de los participantes y la obtención de bases normativas que permitieran categorizar la condición física de los participantes de una forma más real y ajustada.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, 26(4), 217-238. doi:10.2165/00007256-199826040-00002
- Axler, C. T., & McGill, S. M. (1997). Low back loads over a variety of abdominal exercises: searching for the safest abdominal challenge. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29(6), 804-811. doi:10.1097/00005768-199706000-00011
- Biering-Sorensen, F. (1984). Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine*, 9(2), 106-119.
- Borghuis, J., Hof, A. L., & Lemmink, K. A. (2008). The importance of sensory-motor control in providing core stability: implications for measurement and training. *Sports Medicine*, 38(11), 893-916. doi:10.2165/00007256-200838110-00002
- Brotons-Gil, E., García-Vaquero, M. P., Peco-González, N., & Vera-García, F. J. (2013). Flexion-rotation trunk test to assess abdominal muscle endurance: reliability, learning effect and sex differences. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1602-1608. doi:10.1519/JSC.0b013e31827124d9
- Cabañas, M. D., & Esparza, F. (2009). *Compendio de Cineantropometría*. Madrid: Editorial CTO.
- Chan, R. H. (2005). Endurance times of trunk muscles in male intercollegiate rowers in Hong Kong. *Achieve Physical Medicine Rehabilitation*, 86, 2009-2012. doi:10.1016/j.apmr.2005.04.007
- Coorevits, P., Danneels, L., Cambier, D., Ramon, H., & Vanderstraeten, G. (2008). Assessment of the validity of the Biering-Sørensen test for measuring back muscle fatigue based on EMG median frequency characteristics of back and hip muscles. *Journal Electromyography Kinesiology*, 18(6), 997-1005. doi:10.1016/j.jelekin.2007.10.012
- Demoulin, C., Vanderthommen, M., Duysens, C., & Crielaard, J. M. (2006). Spinal muscle evaluation using the Sorensen test: a critical appraisal of the literature. *Joint Bone Spine*, 73(1), 43-50. doi:10.1016/j.jbspin.2004.08.002
- Evans, K., Refshauge, K. M., & Adams, R. (2007). Trunk muscle endurance test: reliability, and gender differences in athletes. *Journal Science and Medicine Sport*, 10(6), 447-455. doi:10.1016/j.jsams.2006.09.003
- Faulkner, R. A., Sprigings, E. J., McQuarrie, A., & Bell, R. D. (1989). A practical curl-up protocol for adults based on an analysis of two procedures. *Canadian Journal Sport Science*, 14(3), 135-141.
- García-Vaquero, M. P., Moreside, J., Brotons-Gil, E., Peco-Gonzalez, N., & Vera-García, F. J. (2012). Trunk muscle activation during stabilization exercises with single and double leg support. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(3), 398-406. doi:10.1016/j.jelekin.2012.02.017
- Granata, K. P., & Gottipati, P. (2008). Fatigue influences the dynamic stability of the torso. *Ergonomics*, 51(8), 1258-1271. doi:10.1080/00140130802030722
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and sciences. *Sports Medicine*, 30(1), 1-15. doi:10.2165/00007256-200030010-00001
- Hopkins, W. G. (2009). Calculating the reliability intraclass correlation coefficient and its confidence limits (excel spreadsheet). Newstats. org/xlICC.xls
- Imai, A., Kaneoka, K., Okubo, Y., Shiina, I., Tatsumura, M., Izumi, S., & Shiraki, H. (2010). Trunk muscle activity during lumbar stabilization exercises on both a stable and unstable surface. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 40(6), 369-375. doi:10.2519/jospt.2010.3211
- Ito, T., Shirado, O., Suzuki, H., Takahashi, M., Kaneda, K., Strax, T. E. (1996). Lumbar trunk muscle endurance testing: an inexpensive alternative to a machine for evaluation. *Achieve Physical Medicine Rehabilitation*, 77(1):75-9. doi:10.1016/S0003-9993(96)90224-5
- Juan-Recio, C., Lopez-Vivancos, A., Moya, M., Sarabia, J. M., & Vera-García, F. J. (en prensa). Short-term effect of crunch exercise frequency on abdominal muscle endurance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*.
- Kavic, N., Grenier, S., & McGill, S. M. (2004). Quantifying tissue loads and spine stability while performing commonly prescribed low back stabilization exercises. *Spine*, 29(20), 2319-2329. doi:10.1097/01.brs.0000142222.62203.67
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 36(4), 674-688. doi:10.1249/01.MSS.0000121945.36635.61

- Kibler, W. B., Press, J., & Sciascia, A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports Medicine*, 36(3), 189-98. doi:10.2165/00007256-200636030-00001
- Knudson, D., & Johnston, D. (1995). Validity and reliability of a bench trunk-curl test of abdominal endurance. *Journal Strength Conditioning Research*, 9(3), 165-169.
- Latikka, P., Battié, M. C., Videman, T., & Gibbons, L. E. (1995). Correlations of isokinetic and psychophysical back lift and static back extensor endurance test in men Original Research Article. *Clinical Biomechanics*, 10(6), 325-330. doi:10.1016/0268-0033(94)00003-P
- Lindsay, D. M., & Horton, J. F. (2006). Trunk rotation strength and endurance in healthy normals and elite male golfers with and without low back pain. *North American Journal Sports Physical Therapy*, 1(2), 80-9.
- Luoto, S., Heliövaara, M., Hurri, H., & Alaranta, M. (1995). Static back endurance and the risk of low back pain. *Clinical Biomechanics*, 10(6), 323-324. doi:10.1016/0268-0033(95)00002-3
- Mayer T., Gatchel, R., Betancur, J., & Bovasso, E. (1995). Trunk muscle endurance measurement. Isometric contrasted to isokinetic testing in normal subjects. *Spine*, 20(8), 920-6. doi:10.1097/00007632-199504150-00007
- Mawston, G. A., McNair, P. J., & Boocock, M. G. (2007). The effects of prior warning and lifting-induced fatigue on trunk muscle and postural responses to sudden loading during manual handling. *Ergonomics*, 50(12), 2157-70. doi:10.1080/00140130701510139
- Mbada, C. E., Ayanniyi, O., Adedoyin, R. A., & Johnson, O. E. (2010). Static endurance of the back extensor Muscles: association between performance and reported reasons for test termination. *Journal of Musculoskeletal Research*, 13(1), 13-21. doi:10.1142/S0218957710002405
- Nuzzo, J. L., & Mayer, J. M. (2013). Body Mass Normalization for Isometric Test of Muscle Endurance. *Journal Strength and Conditioning Research*. 27(7), 2039-2045. doi:10.1519/JSC.0b013e3182736203
- McGill, S. M., Childs, A., & Liebenson, C. (1999). Endurance times for low back stabilization exercises: clinical targets for testing and training from a normal database. *Achieve Physical Medicine Rehabilitation*, 80(8), 941-4. doi:10.1016/S0003-9993(99)90087-4
- McGill, S. M., & Karpowicz, A. (2009). Exercises for Spine Stabilization: Motion/Motor Patterns, Stability Progressions, and Clinical Technique. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90(1), 118-126. doi:10.1016/j.apmr.2008.06.026
- Moreland, J., Finch, E., Stratford, P., Balsor, B., & Gill, C. (1997). Interrater reliability of siz test of trunk muscle function and endurance. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 26(4), 200-208. doi:10.2519/jospt.1997.26.4.200
- Reed, C. A., Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewet, T. E. (2012). The effects of isolated and integrated 'core stability' training on athletic performance measures: a systematic review. *Sports Medicine*, 42(8), 97-706. http://dx.doi.org/10.1007/BF03262289
- Schabert, E. J., Hopkins, W. G., & Hawley, J. A. (1998). Reproducibility of self-paced treadmill performance of trained endurance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 19(1), 48-51. doi:10.1055/s-2007-971879
- Schellenberg, K., Lang, J., Ming Chan, K., & Burnham, R.A. (2007). Clinical tool for office assessment of lumbar spine stabilization endurance: Prone and supine bridge maneuvers. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(5), 380-386. doi:10.1097/PHM.0b013e318032156a
- Sparto, P. J., Parnianpour, M., Reinsel, T. E., & Simon, S. (1997). The effect of fatigue on multijoint kinematics, coordination, and postural stability during a repetitive lifting test. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 25(1), 3-12. doi:10.2519/jospt.1997.25.1.3
- Springate, S. D. (2012). The effect of sample size and bias on the reliability of estimates of error: a comparative study of Dahlberg's formula. *European Journal of Orthodontics*, 34(2), 158-163. doi:10.1093/ejo/cjr010
- Udermann, B. E., Mayert, J. M., Gravest, J. E., & Murray, S. R. (2003). Quantitative assessment of lumbar paraspinal muscle endurance. *Journal of Athletic Training*, 38(3), 259-262.
- Van Dieën, J. H. (1996). Asymmetry of erector spinae muscle activity in twisted postures and consistency of muscle activation patterns across subjects. *Spine*, 21(22), 2651-2661. doi:10.1097/00007632-199611150-00015
- Van Dieën, J. H., Luger, T., & Van der Eb, J. (2012). Effects of fatigue on trunk stability in elite gymnasts. *European Journal of Applied Physiology*, 112(4), 1307-13. doi:10.1007/s00421-011-2082-1
- Vera-García, F. J., Grenier, S. G., & McGill, S. M. (2000). Abdominal response during curl-ups on both stable and labile surfaces. *Physical Therapy*, 80(6), 564-569.
- Vera-García F. J., Flores-Parodi, B., & Llana Belloch, S. (2008). El entrenamiento de la "zona central" ("core training") en la natación de competición. *NSW*, 30(2), 7-16. doi:10.1016/j.jelekin.2009.03.010
- Vera-García, F. J., Moreside, J. M., & McGill, S. M. (2010). MVC techniques to normalize trunk muscle EMG in healthy women. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(1), 10-6.
- Vincent, J. (1994). *Statistics in kinesiology*. Champaign (IL): Human Kinetics Books.
- Weir, J. P. (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *Journal Strength and Conditioning Research*, 19(1), 231-240.
- Weston, M., Coleman, N. J., & Spears, I. R. (2013). The effect of isolated core training on selected measures of golf swing performance. *Medicine Science Sports Exercise*. doi:10.1249/MSS.0b013e31829bc7af